

## Method for testing an assembly for controlling an industrial process and device for implementing this method

**Patent number:** FR2707406  
**Publication date:** 1995-01-13  
**Inventor:** PIERRE SIBELLAS; THIERRY CUISSARD  
**Applicant:** FRAMATOME SA (FR)  
**Classification:**  
- **International:** G05B17/00; G05B19/04  
- **European:** G05B19/05S  
**Application number:** FR19930008268 19930706  
**Priority number(s):** FR19930008268 19930706

### Abstract of **FR2707406**

Method for testing the functionality of an assembly (1-5) for controlling an industrial process arranged so as, under the action of signals from sensors (6) connected at input, to assume a plurality of states at output so as to despatch operating signals to actuators (7) for controlling the process, in which

. for a succession of test steps, a succession of stimuli is despatched (34) to the assembly (1-5),  
. response signals are received (35) and are compared with typical response signals so as to produce an enable state (25) for the succession of test steps.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

## PARIS

Procédé d'essai d'un ensemble de conduite  
d'un processus industriel  
et dispositif pour mettre en oeuvre ce procédé

5 Un ensemble de conduite d'un processus sert à faire fonctionner une machine ou un système selon des règles définies pour ce processus.

Ainsi, dans la conduite d'un réacteur nucléaire, par exemple, des automates d'un ensemble de conduite du  
10 réacteur reçoivent les signaux de capteurs de mesure de grandeurs physiques telles que température, pression, flux neutronique et commandent automatiquement en conséquence des actionneurs de commande de vannes, des moteurs électriques ou le dispositif de sécurité contrôlant les  
15 barres de contrôle du réacteur afin que le système reste ou revienne dans un état admissible.

Une salle de contrôle reliée aux automates permet de visualiser des signalisations traduisant l'état des appareils autour du réacteur ou des organes secondaires de  
20 celui-ci. Des télécommandes manuelles de réglage ou de commutation de ces appareils ou organes permettent à un opérateur de la salle de contrôle d'envoyer aux automates des commandes de modification du régime de fonctionnement du réacteur, à travers au moins un réseau local reliant  
25 les divers sous-ensembles ci-dessus.

Il faut pouvoir valider la fonctionnalité de cet ensemble par une vérification du respect des règles dans chacun des états du système conduit. Il faut aussi vérifier que ces règles sont exhaustives, c'est-à-dire que  
30 l'état du système évolue de façon déterministe.

La validation de la fonctionnalité de cet ensemble pose un problème, car l'émission, automatique depuis un automate ou par commande manuelle depuis la salle de contrôle, d'une commande vers un actionneur est  
35 subordonnée à plusieurs conditions, qu'il faut vérifier.

Par exemple, la mise en marche d'un moteur peut nécessiter, pour éviter sa détérioration, qu'une pression d'huile soit suffisante et que sa température ne dépasse pas un seuil. L'envoi est donc régi par une équation  
5 logique combinatoire ou séquentielle prenant en compte plusieurs états d'autres organes et éventuellement un historique des états du système.

Or, si avant intégration des sous-ensembles en l'ensemble prévu, on peut tester en usine les sous-  
10 ensembles, comme l'automate qui commande le moteur, il est difficile de vérifier qu'il traite correctement, pour l'envoi d'une commande au moteur, les conditions de l'équation sur les états d'autres organes s'il est prévu que ces derniers soient, dans l'ensemble une fois intégré,  
15 reçus par un autre automate. En outre, ce dernier peut lui aussi traiter des états de capteurs selon des équations logiques combinatoires ou séquentielles dont le résultat est utilisé par l'automate envoyant cette commande. Or, cet automate ne peut simuler ce résultat.

20 En d'autres termes, on peut aisément vérifier en usine une chaîne matérielle de transmission d'une commande, mais il est difficile de simuler, sans risque d'erreur, le comportement des autres sous-ensembles qui vont dialoguer avec cet automate, si bien que la  
25 fonctionnalité de l'ensemble reste à valider.

Il était connu de procéder à des simulations sur l'ensemble une fois intégré, en injectant des stimuli en entrée du système, modifiant son état général, et en observant la modification qui en résulte sur cet état  
30 général. Ainsi, on forçait manuellement à une valeur déterminée l'un des capteurs et on observait sur un synoptique le résultat qu'apportait ce changement d'état du capteur. Cet essai manuel était cependant sujet à erreurs, au niveau de l'action sur le capteur et au niveau  
35 de l'observation du résultat.

En outre, même effectué, plus rapidement, par un robot d'essai, cet essai était encore trop lent car le robot reconfigurait l'état général de l'ensemble avant d'appliquer un stimulus simulant le capteur à tester.

5        La lenteur des essais interdisait en pratique d'effectuer tous les tests voulus pour vérifier que l'équation logique combinatoire conditionnant l'envoi d'une commande était bien satisfaite.

10       En outre, cette lenteur empêchait aussi de vérifier le respect des temps de réponse spécifiés. Or, dans certaines configurations d'états du système conduit, l'ensemble doit réagir dans un temps limité.

La présente invention vise à résoudre ces problèmes.

15       A cet effet, elle concerne tout d'abord un procédé d'essai de la fonctionnalité d'un ensemble de conduite de processus industriel agencé pour, sous l'action de signaux de capteurs reliés en entrée, prendre une pluralité d'états en sortie pour envoyer des signaux de commande à des actionneurs de conduite du processus, dans lequel

20       « dans une phase préparatoire d'un pas d'essai:

• on mémorise, dans des premiers moyens mémoire associés à des moyens d'émission, des stimuli simulant un état en entrée de l'ensemble et

25       • on détermine et mémorise, en association avec les stimuli, dans des deuxième moyens mémoire, des signaux de réponse-type de l'ensemble, représentatifs d'un état en sortie prévisionnel correspondant à l'état en entrée considéré,

« dans une phase de connexion,

30       • on relie à l'ensemble les moyens d'émission et les moyens de réception,

« dans une phase d'essai,

• on envoie, avec les moyens d'émission, les stimuli à l'ensemble,

35       • on reçoit, par les moyens de réception, les signaux de

réponse et on les compare aux signaux de réponse-type pour engendrer un état de validation du pas d'essai, procédé d'essai caractérisé par le fait que

- 5   : on réitère la phase préparatoire pour une séquence de plusieurs pas d'essai successifs, en choisissant, à chaque pas à l'intérieur de la séquence, les stimuli en fonction de l'état d'entrée du pas précédent et,
- 10   : après la phase de connexion,
- 10   : on réitère la phase d'essai pour effectuer, de façon enchaînée, la validation des pas de la séquence.

Ainsi, on peut injecter progressivement des stimuli et observer l'effet de chacun de ceux-ci sur les signaux de réponse, destinés à commander les actionneurs, c'est-à-dire que l'on peut parcourir l'ensemble des combinaisons  
15 d'états élémentaires fournis par les capteurs, en passant d'une combinaison à une autre, sans devoir reconsidérer une combinaison de départ qui correspondrait à un état général de référence. On comprendra que par capteur il faut aussi entendre tout sous-ensemble fournissant une  
20 réponse à la suite d'un changement en entrée, et que ce peut donc aussi être un automate, fournissant par exemple un résultat régi par une logique combinatoire, comme indiqué ci-dessus.

Avantageusement, l'enchaînement pour franchir un pas  
25 de la phase d'essai est conditionné par la validation du pas précédent et l'on peut même enregistrer les instants respectifs d'émission et de réception des stimuli et des signaux de réponse pour calculer un temps de réponse de l'ensemble, que l'on compare à une plage de retard  
30 prédéterminée fournie par les signaux de réponse-type.

On peut ainsi détecter avec précision un pas associé à une réponse défectueuse ou simplement tardive.

L'invention concerne aussi un dispositif, pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention, d'essai de la  
35 fonctionnalité d'un ensemble de conduite de processus

industriel pouvant prendre une pluralité d'états sous l'action de capteurs reliés en entrée, dispositif comportant des moyens d'émission, pour appliquer à l'ensemble des stimuli et le faire changer d'état, et des moyens de réception, pour recevoir des signaux de réponse engendrés par l'ensemble, en réponse aux stimuli, caractérisé par le fait que les moyens d'émission comportent des moyens séquenceurs, agencés pour lire, de façon enchaînée, une séquence de pas élémentaires d'envoi de stimuli sélectionnés pour faire passer l'ensemble par une séquence correspondante d'états, et les moyens de réception comportent des moyens comparateurs pour, par comparaison des signaux de réponse à des signaux de réponse-type, fournir un signal de validation de la fonctionnalité de l'ensemble.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description suivante du mode de réalisation préféré du dispositif d'essai de l'invention faisant application du procédé, en référence au dessin, sur lequel :

- la figure 1 est une représentation schématique du dispositif d'essai de l'invention et
- la figure 2 est un organigramme du déroulement des étapes du procédé de l'invention.

L'ensemble représenté sert à contrôler, selon un processus mémorisé dans cet ensemble, un système, non représenté, constitué ici d'un réacteur nucléaire et d'appareils nécessaires à son fonctionnement. Il comporte trois sous-ensembles, à savoir trois automates 1, 2 et 3 reliés par un réseau local 4 à une salle de contrôle 5.

Chaque automate 1-3 est relié en entrée à des capteurs 6 et commande des actionneurs 7. Les capteurs 6 sont reliés en entrée à des organes du réacteur, telles les barres de contrôle, ou à des appareils l'environnant, tels que pompes, moteurs, agissant sur l'état de ces organes pour contrôler les conditions de fonctionnement ou

n'ayant normalement qu'un rôle passif de redondance assurant la sécurité voulue. En sens inverse, les actionneurs 7 sont reliés en sortie aux organes du réacteur ou aux appareils.

5        On comprendra que, pour la clarté des explications, la redondance existant dans tout ensemble de ce genre n'est pas exposée ici.

10        Le dispositif d'essai comprend un coupleur d'émission 11, comportant un séquenceur 12 et une mémoire 13, et un coupleur de réception 21 comportant un comparateur 22, une mémoire de réponses-types 23 et une mémoire de réponses 24, dont les rôles sont expliqués plus loin.

15        Le coupleur d'émission 11 et le coupleur de réception 21 sont reliés ici à un même port d'entrée / sortie 19, relié par une liaison 18 au réseau 4. L'ensemble 11, 21 appartient à un automate d'essai 20 dont l'unité centrale, avec un logiciel associé, est utilisée alternativement pour réaliser les fonctions du séquenceur 12 et du comparateur 22.

20        Le séquenceur 12 est agencé pour adresser à chaque pas une ligne de la mémoire de stimuli 13 et une ligne homologue de la mémoire de réponses-types 23, et ainsi balayer cycliquement l'ensemble de ces lignes.

25        Dans une première étape, préparatoire, 31 du procédé (figure 2), on entre dans la mémoire 13 des stimuli sous la forme des signaux susceptibles d'être fournis par les capteurs 6 ou par des boutons ou appareils de télécommande de la salle 5. Ces signaux peuvent être un bit ou se présenter sous la forme d'un nombre correspondant à une mesure. La mémoire 13 contient aussi, dans cet exemple, des stimuli correspondant à des variables intermédiaires. Ces variables intermédiaires sont des signaux normalement engendrés par les automates 1-3 en réponse à un changement d'état des capteurs 6 qui y sont raccordés et qui sont  
35        émis sur le réseau 4 pour être utilisés par un autre de

ces automates 1-3. Celui-ci élabore alors, dans une logique, un ordre de commande, à destination d'un des actionneurs 7 qui sont raccordés à cet automate 1-3. Cet ordre est élaboré à partir de l'état des capteurs 6 pertinents qui sont reliés à l'automate 1-3 considéré, à partir des variables intermédiaires qu'il a reçues ou déterminées et à partir de l'état des autres capteurs 6 transmis à cet effet sur le réseau 4.

Ainsi, chaque automate 1-3 dispose d'une vue d'ensemble sur l'état du réacteur et des appareils, qui sont donc observables.

On comprendra que l'ordre de commande peut être simplement une commande d'affichage sur un synoptique de la salle 5 ou même n'être qu'une mémorisation logique de bits, sans action réelle, servant à mémoriser l'historique de l'évolution des états du processus pour en tenir compte lors de la création ultérieure d'une variable intermédiaire ou d'un ordre de commande.

Ces réponses prévues sont appelées "réponses-types" tandis que les réponses effectives, éventuellement entachées d'erreurs, sont appelées "réponses".

Dans une seconde étape, préparatoire, 32 du procédé, on mémorise les réponses-types dans la mémoire 23, et met en service la liaison 18 et le coupleur 19 (étape 33).

Dans le coupleur de réception 21, une première entrée du comparateur 22 recevra les signaux de réponse tandis qu'une seconde entrée recevra les signaux de réponse-type issus de la mémoire 23 adressée en conséquence par le séquenceur 12. Le comparateur 22 engendrera un signal 25 de validation en cas d'identité de ces signaux et le transmettra au séquenceur 12.

Le fonctionnement général du dispositif d'essai va maintenant être expliqué.

Dans un premier pas d'une séquence de pas, le séquenceur 12 adresse, à l'étape 34, une première ligne

de la mémoire de stimuli 13 et émet les stimuli lus vers le réseau 4 à travers le port 19. Chacun de ceux-ci est associé à l'adresse de l'automate 1-3 destinataire correspondant et simule un état initial, fictif, du système contrôlé, propre à un type d'essai particulier  
5 choisi, à partir duquel le dispositif d'essai va commander un cheminement pour passer à d'autres états fictifs et vérifier la conformité de ce cheminement à ce qui est prévu et défini par les réponses-types de la mémoire 23.

10 Le ou les automates 1-3 concernés engendrent des signaux de réponse sous la forme des variables intermédiaires et / ou des ordres de commande, qui sont émis sur le réseau 4. Les ordres pour les actionneurs 7  
15 directement rattachés à l'automate 1-3 concerné sont émis directement vers ceux-ci, dans cet exemple comportant des sous-réseaux en étoile, et une copie en est envoyée, pour observation, sur le réseau 4.

Les moyens de réception 21 reçoivent, à l'étape 35, à travers le port 19, les signaux de réponse ci-dessus et  
20 les mémorisent dans la mémoire 24. Les signaux de réponse sont aussi appliqués au comparateur 22 qui les compare aux signaux de réponse-type provenant de la mémoire 23. Comme cette dernière est adressée par les signaux d'adressage du séquenceur 12, qui adressent la mémoire de stimuli 13,  
25 une ligne de la mémoire de stimuli 13 est ainsi associée logiquement à une ligne de signaux de réponses-types correspondants de la mémoire 23, les mémoires 13 et 23 pouvant être une seule mémoire. En cas de conformité des signaux de réponse-type, le comparateur 22 engendre le  
30 signal 25 de validation qui est mémorisé avec les signaux de réponse correspondants dans la mémoire 24.

Dans cet exemple, afin d'effectuer une observation pas à pas, plus facile, le signal de validation 25 de chaque pas est aussi transmis au séquenceur 12 pour  
35 l'autoriser à émettre les stimuli du pas suivant. Il est

ici prévu que les stimuli du pas suivant tiennent compte des stimuli envoyés précédemment, c'est-à-dire que l'état du système contrôlé ne repasse pas, entre deux pas successifs, par un état initial prédéfini mais chemine  
5 directement d'un état du cheminement à un autre état.

De ce fait, après la mise à l'état initial voulu, par envoi de plusieurs stimuli lors du premier pas, il n'est envoyé ici qu'un seul stimulus aux pas suivants, pour faire fictivement changer d'état un capteur 6 ou une  
10 variable intermédiaire. En d'autres termes, il s'agit d'une transmission d'informations (stimuli) sous forme différentielle, ce qui réduit considérablement la quantité d'informations émises vers le réseau 4 et diminue d'autant la charge de travail des automates 1-3.

15 On comprendra cependant que rien n'interdit d'émettre plus d'un seul stimulus à chaque pas, par exemple pour tester deux ordres de commande n'ayant pas de relation logique entre eux, mais le cheminement est de préférence adapté pour minimiser le nombre de stimuli à émettre à  
20 chaque pas.

Dans le présent exemple, le coupleur de réception 21 mesure, par observation des émissions des stimuli à travers le port 19, le temps de réaction des automates 1-3, afin de déterminer, au moyen du comparateur 22, s'il  
25 est dans une plage définie par la réponse-type de la mémoire 23.

Le contenu de la mémoire 24 peut être lu et édité pour présenter les pas de la ou des séquences réalisées ainsi que leur validation.

30 Il est à remarquer que les capteurs 6 et actionneurs 7 pourraient être reliés à leur automate 1-3 de rattachement par les sous-réseaux locaux mentionnés précédemment et remplaçant les trois réseaux en étoile représentés. Des liaisons de ces trois sous-réseaux,  
35 avec le réseau 4 ou bien directement avec des ports comme

10

le port 19 de l'automate 20, permettraient alors une observation des ordres effectivement émis vers les actionneurs 7 sans nécessité d'émission d'une copie de ces ordres à partir de l'automate 1-3 concerné sur le réseau 4, comme cela a été décrit ci-dessus.

Le dispositif d'essai peut être utilisé lors de l'intégration des automates 1-3 lors de la mise en service de l'ensemble, le réacteur étant à l'arrêt ou contrôlé par un autre ensemble.

10

## REVENDECATIONS

1. Procédé d'essai de la fonctionnalité d'un ensemble (1-5) de conduite de processus industriel agencé pour, sous  
5 l'action de signaux de capteurs (6) reliés en entrée, prendre une pluralité d'états en sortie pour envoyer des signaux de commande à des actionneurs (7) de conduite du processus, dans lequel
- dans une phase préparatoire d'un pas d'essai:
  - 10 \* on mémorise (31), dans des premiers moyens mémoire (13) associés à des moyens d'émission, des stimuli simulant un état en entrée de l'ensemble (1-5) et
  - \* on détermine et mémorise (32), en association avec les stimuli, dans des deuxièmes moyens mémoire (23), des  
15 signaux de réponse-type de l'ensemble (1-5), représentatifs d'un état en sortie prévisionnel correspondant à l'état en entrée considéré,
  - dans une phase de connexion,
  - \* on relie (33) à l'ensemble (1-5) les moyens d'émission  
20 (11) et les moyens de réception (21),
  - dans une phase d'essai,
  - \* on envoie (34), avec les moyens d'émission (11), les stimuli à l'ensemble (1-5),
  - \* on reçoit (35), par les moyens de réception (21), les  
25 signaux de réponse et on les compare aux signaux de réponse-type pour engendrer un état de validation (25) du pas d'essai,
- procédé d'essai caractérisé par le fait que
- on réitère la phase préparatoire (31, 32) pour une  
30 séquence de plusieurs pas d'essai successifs, en choisissant, à chaque pas à l'intérieur de la séquence, les stimuli en fonction de l'état d'entrée du pas précédent et,
  - après la phase de connexion (33),
  - on réitère la phase d'essai (34, 35) pour effectuer, de  
35 façon enchaînée, la validation des pas de la séquence.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'enchaînement pour franchir (34) un pas de la phase d'essai est conditionné par la validation (35) du pas précédent.

5

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, dans lequel on enregistre les instants respectifs d'émission et de réception des stimuli et des signaux de réponse pour calculer un temps de réponse de l'ensemble, que l'on compare à une plage de retard prédéterminée fournie par les signaux de réponse-type.

10

4. Dispositif, pour la mise en oeuvre du procédé de la revendication 1, d'essai de la fonctionnalité d'un ensemble (1-5) de conduite de processus industriel pouvant prendre une pluralité d'états sous l'action de capteurs (6) reliés en entrée, dispositif comportant des moyens d'émission (11), pour appliquer à l'ensemble (1-5) des stimuli et le faire changer d'état, et des moyens de réception (21), pour recevoir des signaux de réponse engendrés par l'ensemble, en réponse aux stimuli, caractérisé par le fait que les moyens d'émission (11) comportent des moyens séquenceurs (12), agencés pour lire, de façon enchaînée, une séquence de pas élémentaires d'envoi de stimuli sélectionnés pour faire passer l'ensemble par une séquence correspondante d'états, et les moyens de réception (21) comportent des moyens comparateurs (22) pour, par comparaison des signaux de réponse à des signaux de réponse-type, fournir un signal de validation (25) de la fonctionnalité de l'ensemble (1-5).

20

25

30

5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel les moyens d'émission (11) sont agencés pour émettre des stimuli simulant des signaux issus des capteurs (6).

35

6. Dispositif selon l'une des revendications 4 et 5, dans lequel les moyens séquenceurs (12) sont agencés pour différer l'émission des stimuli d'un pas élémentaire jusqu'à la validation, par les moyens de réception (21),  
5 de la fonctionnalité de l'ensemble (1-5) relativement au pas précédent.

7. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 6, dans lequel les moyens de réception (21) comportent des moyens  
10 mémoire (23) agencés pour mémoriser les signaux de réponse-type.

8. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 7, dans lequel les moyens de réception (21) comportent des moyens  
15 temporisateurs agencés pour mesurer le retard des signaux de réponse par rapport à l'émission des stimuli correspondants et pour fournir le signal de validation (25) après comparaison avec une valeur prédéterminée d'une  
20 plage de retards déterminée d'après les signaux de réponse-type.

9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, dans lequel les moyens de réception (21) comportent des moyens  
25 (24) de mémorisation des signaux de réponse.

1/2

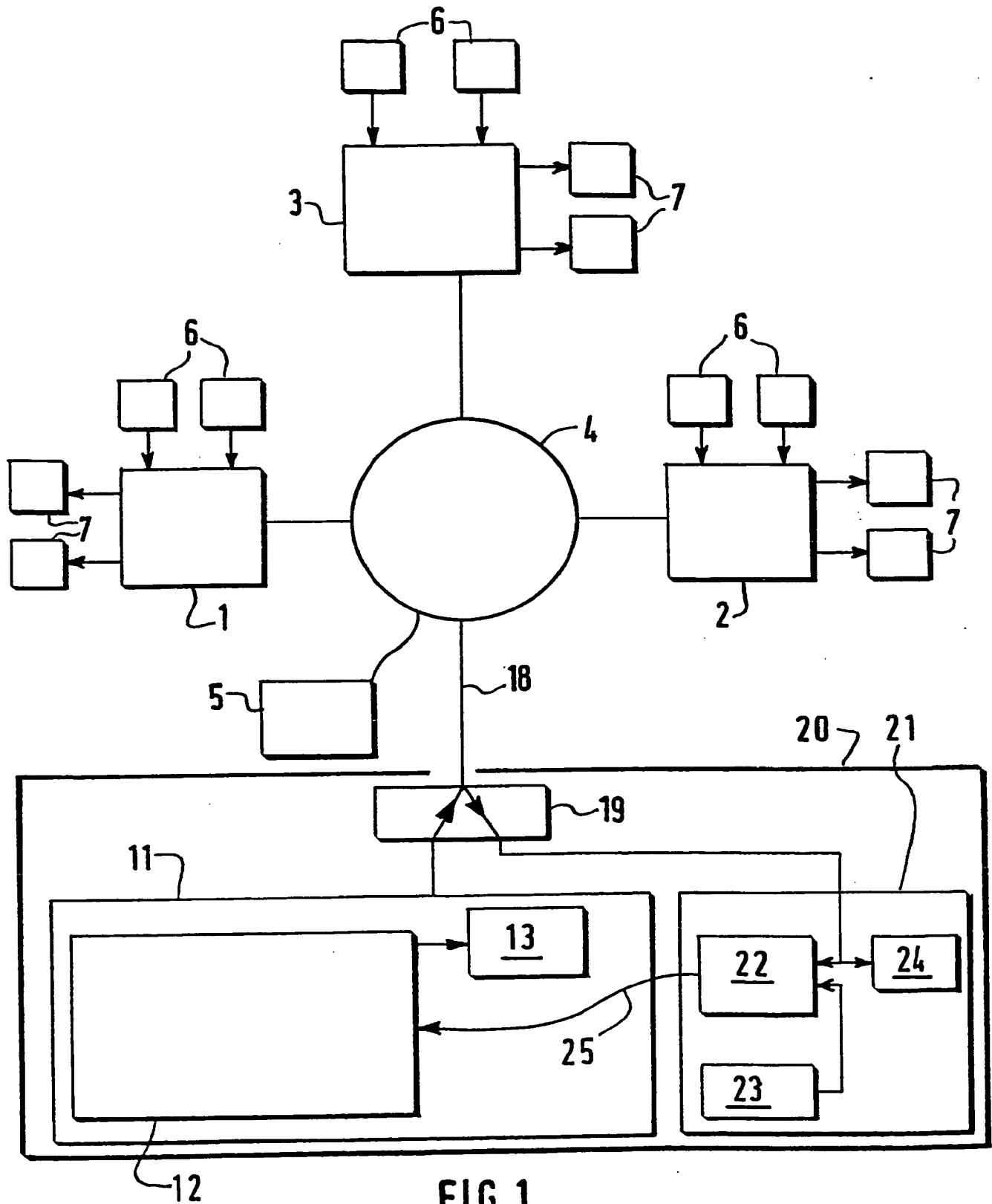


FIG. 1

2/2

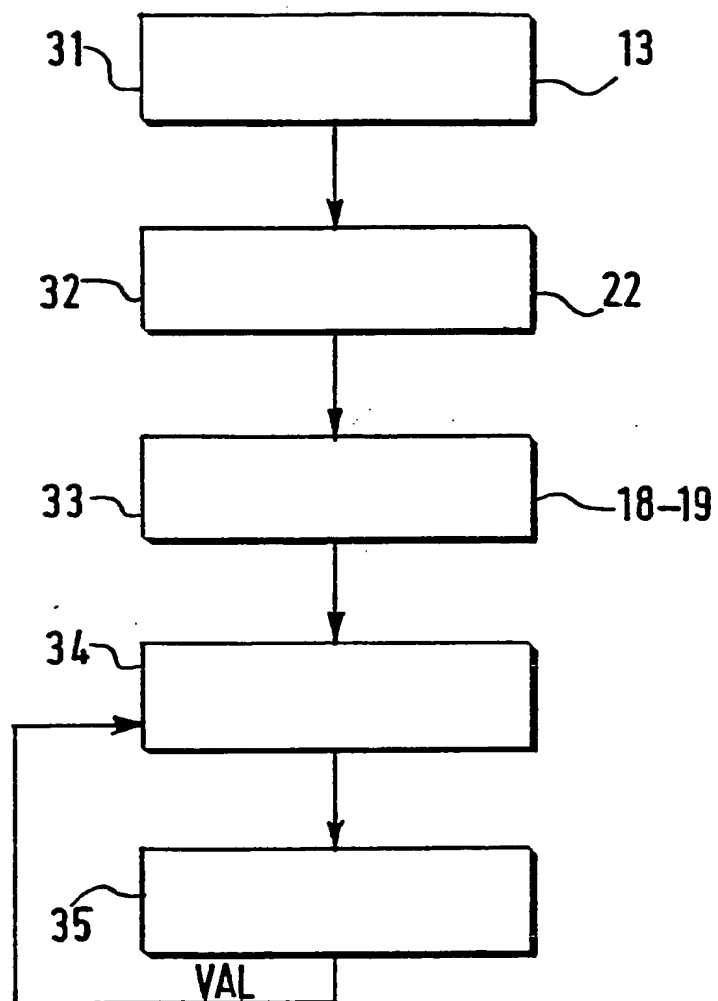


FIG. 2

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFA 489561  
FR 9308268

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	US-A-4 851 985 (D.N. BURROR ET AL)  * abrégé; figure 1 * * colonne 2, ligne 30 - colonne 3, ligne 2 * * colonne 3, ligne 38 - colonne 8, ligne 41 *	1,2,4-7, 9
Y	EP-A-0 375 487 (AUTOMOBILES PEUGEOT)  * abrégé * * colonne de gauche, ligne 30 - colonne de droite, ligne 32; revendications 1-3,6 *	1,4,5,7, 9
Y A	EP-A-0 292 914 (OMRON TATEISI ELECTRONICS)  * abrégé * * colonne 2, ligne 15 - colonne 4, ligne 38 *	3,8 1,4,7,9
Y	US-A-4 070 702 (V.GRANTS ET AL) * abrégé *	3,8
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 6, no. 27 (P-102) 17 Février 1982 & JP-A-56 147 205 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 16 Novembre 1981 * abrégé *	2,6
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.5)
		G05B
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
11 Avril 1994		Cornillie, O
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C12)